

Flüssigkompostierung von Flüssigmist und Abwasserschlamm durch Umwälzbelüftung

Bei den modernen Haltungformen mit meist einstreuloser Aufstallung wird heute fast ausschließlich Flüssigmist produziert. Im vergangenen Jahrzehnt wurden verschiedene neue Geräte für die Flüssigmistbehandlung entwickelt und Verfahren in die landwirtschaftliche Praxis eingeführt.

Als Nachteile dieser Flüssigmistverfahren sind neben den hygienischen Bedenken besonders die Geruchsbelästigungen hervorzuheben.

Mit der Flüssigkompostierung ist ein Verfahren entwickelt worden, welches auch für die Aufbereitung von Flüssigmist geeignet erscheint. In den folgenden Beiträgen wird das Verfahren beschrieben, es werden erste Versuchsergebnisse vorgelegt.

Es ist zu begrüßen, daß die Untersuchung des Verfahrens von drei Fachbereichen erfolgte, und sich die Beiträge ergänzen.

Aufbau, Wirkungsweise und Förderleistung von Umwälzbelüftern

Franz Pöpel

1. Der Aufbau des Umwälzbelüfters

Der Umwälzbelüfter¹⁾ besteht im wesentlichen aus dem über einem Tragrohr angebrachten Antriebsmotor, an dessen verlängerter Antriebswelle ein Propeller befestigt ist. Über diesem ist ein kugelkalottenartig ausgebildetes Leitschild angebracht, das ebenfalls vom Tragrohr getragen wird. Die Welle wird von Elektromotoren mit normaler Umdrehung und Leistungen von 1,1 kW beim Umwälzbelüfter I und von 2,2 kW beim Umwälzbelüfter II angetrieben. Das einfache und robuste für die Belüftung von Flüssigmist und hochkonzentrierten Substraten sowie Abwasser und Abwasserschlamm entwickelte Gerät kann entsprechend Bild 1 an einem Kran oder einer ähnlichen Tragkonstruktion wie Brücken oder Schwimmer aufgehängt werden.

2. Die Arbeitsweise der Umwälzbelüfter

Der mit normaler Umdrehungszahl arbeitende Propeller beschleunigt die ihn umgebende oder ihm zufließende Flüssigkeit in radialer Richtung nach außen und erzeugt dadurch einen Unterdruck, der sowohl Flüssigkeit aus tieferen Schichten als auch Luft durch das Tragrohr ansaugt. Diese tritt durch die im Propeller vorgesehenen Öffnungen nach außen und vermischt sich mit der abströmenden Flüssigkeit. Das Luft-Wasser- oder Luft-Flüssigmist-Gemisch, das wie ein Druckluftheber die aufsteigende Fließbewegung des Behälterinhaltes günstig beeinflusst, strömt in radialer Richtung vom Umwälzbelüfter nach außen. An der Behälterwand wird diese horizontale Strömung nach unten und an der Behältersohle wieder nach innen abgelenkt, um dann schließlich von dem sich drehenden Propeller wieder nach oben gesogen zu werden. Die durch den Umwälzbelüfter wahrscheinlich erzeugten Fließvorgänge sind in Bild 1 schematisch dargestellt.

3. Messung der Fließvorgänge

Der Verlauf der vom Umwälzbelüfter nach Richtung und Größe erzeugten Strömungsgeschwindigkeiten wurde mit Hilfe der WOLTMANN-Flügel 1 und 3 an verschiedenen in Bild 1 angegebenen Stellen des Versuchsbehälters gemessen. An den angegebenen Meßprofilen wurden die nach innen und außen gerichteten Fließgeschwindigkeiten aus den bei verschiedenen Eintauchtiefen ermittelten Meßwerten berechnet. Bei den Profilen A, B, C und E wurden außerdem die auf- und abwärts gerichteten Strömungsgeschwindigkeiten bei 0,8 m, 1,75 m und 1,0 m Eintauchtiefe gemessen. Die bei der Belüftung des mit Reinwasser oder Belebtschlamm, der

etwa 4 g/l Trockenstoffe enthielt, gefüllten Versuchsbehälters mit den Umwälzbelüftern I und II erzeugten Strömungsgeschwindigkeiten sind in den Bildern 2 bis 4 für jedes Profil gesondert aufgetragen. Diese Ergebnisse lassen erkennen, daß beide Umwälzbelüfter den Behälterinhalt mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit im Kreislauf zirkulieren. Die mittleren Fließgeschwindigkeiten, die die beiden Belüfter in verschiedener Tiefe und bei verschiedener Luftzufuhr erzeugen, sind in Tafel 1 zusammengestellt.

4. Die Förderleistung der Umwälzbelüfter

Mit Hilfe der in den verschiedenen Profilen gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten können die geförderten Wassermengen unter der Voraussetzung ermittelt werden, daß diese auf dem gesamten Umfang gleich bleiben. Wenn auch diese Annahme nicht genau den Tatsachen entspricht — die radialgerichteten Fließgeschwindigkeiten weichen etwas

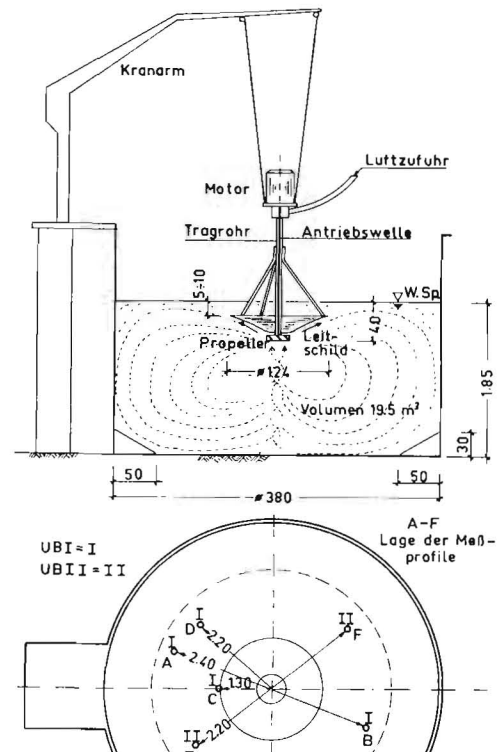


Bild 1: Schematischer Aufbau der Versuchsanlage

¹⁾ Es handelt sich um Umwälzbelüfter nach dem System Fuchs

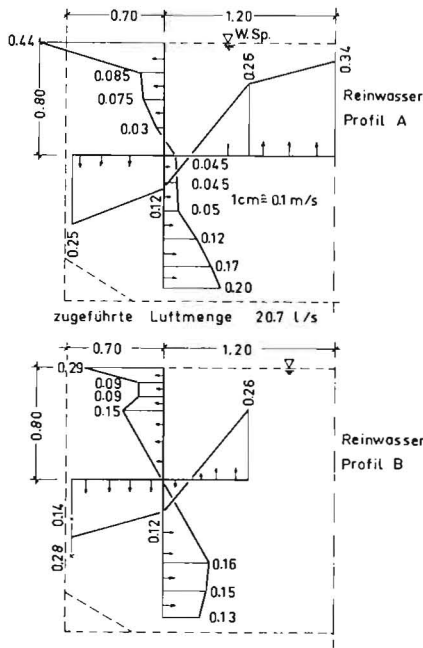


Bild 2: Strömungsgeschwindigkeiten bei Versuchen mit Umwälzbelüfter I

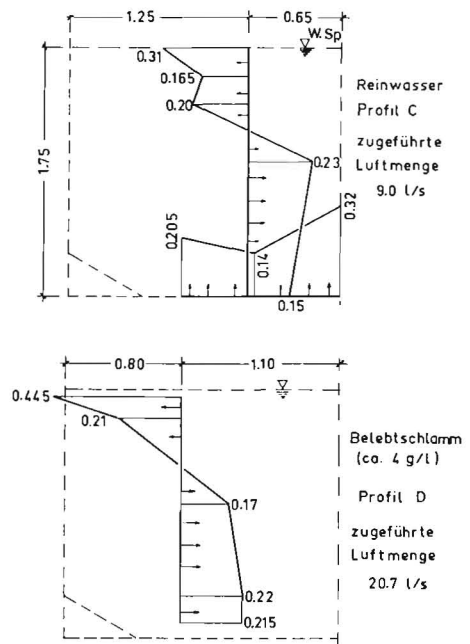


Bild 3: Strömungsgeschwindigkeiten bei Versuchen mit Umwälzbelüfter I

voneinander ab — so gewährt doch eine darauf aufgebaute Auswertung der Meßergebnisse einen Einblick in die Größenordnung der umgewälzten Wassermassen.

Die aus den Meßergebnissen berechneten Förderleistungen der Umwälzbelüfter, die in Tafel 2 zusammengestellt sind, lassen erkennen, daß mit Ausnahme des Profiles E nach außen weniger Wasser gefördert wird als nach innen. Diese an sich nicht zu erwartenden Ergebnisse dürften dadurch erklärt werden, daß die im oberen Bereich mitgerissenen Luftblasen die Anzeigegenauigkeit der WOLTMANN-Flügel ungünstig beeinflussen. Außerdem dürfte ein großer Teil der kinetischen Energie des nach außen strömenden Wassers durch die sich an der Behälterwand bildenden Umlenkwirbel aufgezehrt werden. Durch die Anordnung zweckmäßig gestalteter Umlenkkräfte würde sehr wahrscheinlich die Förderleistung der Umwälzbelüfter noch vergrößert werden.

Außerdem lassen die Ergebnisse erkennen, daß beide Umwälzbelüfter etwa gleichgroße Wasser- beziehungsweise Belebtschlammengen von 0,74 m³/s nach außen und 0,88 m³/s nach innen fördern. Die Innenförderung des Belebtschlammes mit 1,45 m³/s von Umwälzbelüfter I und 1,81 m³/s bei Umwälzbelüfter II blieben bei der obigen Mittelbildung unberücksichtigt. Der größere Belüfter dürfte also eine etwas größere Saugkraft als der kleinere entwickeln. Die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung wird auch durch die von den Propellern angesaugten Luftmengen bestätigt. Sie wurden

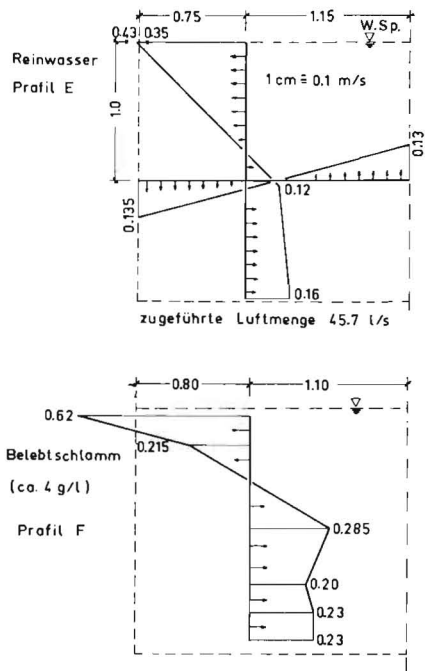


Bild 4: Strömungsgeschwindigkeiten bei Versuchen mit Umwälzbelüfter II

Tafel 1: Mittlere Fließgeschwindigkeiten bei der Umwälzung des Behälterinhaltes mit den Umwälzbelüftern I und II

	Umwälzbelüfter I			Umwälzbelüfter II		
	oben	Mitte	unten	oben	Mitte	unten
zugeführte Luftmenge	20,7 l/s			9,0 l/s		
Meßstelle	oben	Mitte	unten	oben	Mitte	unten
Geschwindigkeit horizontal bei [cm/s]						
Reinwasser	44	6	25	31	23	15
Belebtschlamm	45	17	22	—	—	—
Geschwindigkeit vertikal bei [cm/s]						
Reinwasser	20	29	10	38	20	20
Belebtschlamm	35	26	21	—	—	—

Tafel 2: Förderleistung der Umwälzbelüfter

Umwälzbelüfter	Profil	Durchschnitt der Durchflußfläche [m]	Reinwasser nach außen		Belebtschlamm außen/innen		Untersucht im
			[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	
Umwälzbelüfter I	A	2,40	0,781	0,898	—	—	Behälter
	B	2,40	0,596	0,845	—	—	
	C	2,20	0,498	0,896	—	—	
	D	1,30	—	—	0,709	1,449	
Umwälzbelüfter II	E	2,30	1,091	0,899	—	—	Grüblesteich
	F	2,20	—	—	0,762	1,810	
		11,00	1,800	—	—	—	

mit Hilfe von Strömungsmessern zu 75 m³/h Luft bei Umwälzbelüfter I und zu 165 m³/h Luft bei Umwälzbelüfter II ermittelt. Diese Luftmengen wurden bei Umwälzbelüfter I mit der 36fachen und bei Umwälzbelüfter II mit der 16fachen Wassermenge vermischt. Deshalb sind auch die Reaktionskoeffizienten für die Sauerstoffaufnahme des Reinwassers oder Belebtschlammes bei der Verwendung von Umwälzbelüfter II 1,7 beziehungsweise 2 mal größer als bei Umwälzbelüfter I. Der Umwälzbelüfter II führt also dem Reinwasser 1,7 mal und dem Belebtschlamm 2 mal soviel Sauerstoff zu wie der Belüfter I.

Der in einem 0,8 bis 1,4 m tiefen Abwasserteich mit einer fünfeckigen Oberfläche von 850 m² und einem Inhalt von 900 m³ installierte Umwälzbelüfter II erzielte bei einer Antriebsleistung von 2,2 kW eine mit Hilfe eines etwa 15 cm eintauchenden Schwimmers gemessene mittlere Oberflächenströmung von 0,2 m/s. Die Meßstrecken waren 11 bis 13 m lang. Bei einer Stärke der nach außen strömenden Wasserschicht von 0,4 m und einer Abnahme der mittleren Fließgeschwindigkeit innerhalb dieser auf 0,06 m/s würde sich am Umfang einer zylindrischen Durchflußfläche von 11,0 m Durchmesser und 0,4 m Höhe eine Förderleistung des Umwälzbelüfters II ergeben von

$$\frac{0,20}{2} + \frac{0,06}{2} : 0,4 \cdot \pi \cdot 11,0 = 1,80 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Diese Förderleistung übersteigt die in dem Versuchsbehälter gemessenen Werte. Sie wird jedoch sogar einmal bei der nach innen gerichteten Fließbewegung des Belebtschlammes erzielt. Die im Teich gemessenen Werte müssen noch durch Messungen mit WOLTMANN-Flügeln überprüft werden. Es kann jedoch erwartet werden, daß diese die Ergebnisse der Schwimmermessungen bestätigen, da die dem Wasser vom Umwälzbelüfter aufgezwungene radialgerichtete kinetische Energie im Teich erst nach einer länge-

ren Fließstrecke gewandelt wird als in dem Versuchsbehälter.

5. Schlußfolgerungen

Infolge der großen Förderleistung der Umwälzbelüfter bei kleinem Kraftbedarf wird der Behälterinhalt in kürzester Zeit immer wieder mit ausreichenden Mengen von Luftsauerstoff in Berührung gebracht. So wird beispielsweise der Versuchsbehälter mit 20 m³ Inhalt in etwa 25 s und der Abwasserteich in 8,3 min. einmal umgewälzt. Dem Behälterinhalt der 144mal in der Stunde umgewälzt wird, werden 75 m³/h Luft mit 22,5 kg Sauerstoff zugeführt. Damit können bei 100prozentiger Ausnutzung des zugeführten Sauerstoffes 5,77 kg Kohlenstoff zu 21,18 kg Kohlendioxid und 0,81 kg Wasserstoff zu 7,29 kg Wasser oxidiert werden. Da bei der Bildung von 1 Mol Kohlendioxid 94,43 kcal und bei der von 1 Mol Wasser 68,3 kcal Wärme frei werden, müssen bei den

$$\text{oben angegebenen Mengen } \frac{94,43 \cdot 5,77}{12} + \frac{0,81 \cdot 68,3}{2}$$

= 73 · 10³ kcal/h entsprechend 3 650 kcal/m³ · h erzeugt werden. Bei der aeroben Stabilisierung von einem Gemisch aus Schweinegülle und Hühnerkot wurde eine spezifische Wärmemenge von 2 850 kcal/m³/h und bei einem Versuch mit Abwasserschlamm eine solche von 2 780 kcal/m³/h erzeugt. Die theoretisch möglichen und praktisch erzielten Werte weichen also nur um 15 % voneinander ab. Durch den Einsatz von 55 Watt/m³ können also exotherme Reaktionen ausgelöst und durchgeführt werden, die eine Wärmemenge von 2 780 bis 2 850 kcal/m³/h erzeugen. Die außerordentlich günstige Kombination von Umwälzung und Belüftung bewirkt also durch den Einsatz von 1 kcal in Form von elektrischer Energie die Erzeugung einer 58 bis 60fachen Menge an Bildungswärme, die den Reaktionsverlauf beschleunigt und außerdem das zu reinigende Substrat pasteurisiert.

Selbsterwärmung bei der aeroben Reinigung hochkonzentrierter Substrate mit Hilfe von Umwälzbelüftern

Franz Pöpel

Die aeroben Bakterien des mesophilen und thermophilen Temperaturbereiches überführen die bakteriologisch abbaubaren organischen Stoffe hochkonzentrierter Substrate im Laufe ihres Stoffwechsels in neue Zellsubstanz und Stoffwechselprodukte, wie Kohlendioxid und Wasser. Bei der Oxidation von einem Mol Kohlenstoff zu einem Mol Kohlendioxid entstehen 94,43 kcal Bildungswärme. Diese beträgt bei der Oxidation von 1 Mol Wasserstoff zu einem Mol Wasser 68,3 kcal. Demzufolge werden bei dem aeroben Abbau von 1 g Kohlenstoff 94,43 : 12 = 7,869 kcal und bei dem von 1 g Wasserstoff 68,3 : 2 = 34,15 kcal Bildungswärme erzeugt. Der nicht für die Bildung neuer Zellsubstanz benötigte Teil der Energie kann — wie bei der Kompostierung von Müll — für die Erwärmung des zu behandelnden Substrates verwendet werden. Bei diesen exothermen Reaktionen werden immer ganz bestimmte Anteile Wasserstoff mit einem Teil Kohlenstoff oxidiert. Die im mesophilen und thermophilen Temperaturbereich verlaufenden Abbauprozesse liefern also um so größere Wärmemengen, je mehr Wasserstoff zusammen mit dem Kohlenstoff oxidiert wird.

Im Institut für Siedlungswasserbau und Wassergütwirtschaft der Universität Stuttgart wurde die bei der Kompostierung von Müll entstehende spezifische Bildungswärme zu 8 bis 10 kcal je g abgebautem Kohlenstoff bestimmt [1].

Die spezifische Bildungswärme, die bei der Oxidation von 1 g Kohlenstoff entsteht, wurde auch aus den Versuchen von C. L. CONNEY, D. I. C. WANG und R. I. MATELES vom Department of Nutrition and Food Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge über die Selbsterwärmung bei der aeroben Reinigung von Substraten aus Glukose, Melasse und Sojamehl mit Hilfe von Bakterien (E-Coli und B-Subtilis), Hefen (C. intermedia) und einem Pilz (A-Niger) auf aerobem Wege mit dem folgenden Ergebnis abgeleitet [2]:

Mikroorganismus	Substrat	Bildungswärme	
E-Coli	Glukose	12,63 kcal/g C	
	B-Subtilis	Glukose	11,63 kcal/g C
	Melasse	11,50 kcal/g C	
Hefe C-Intermedia	Sojamehl	11,41 kcal/g C	
	Glukose	9,69 kcal/g C	
	Melasse	11,17 kcal/g C	
Pilze A-Niger	Glukose	7,13 kcal/g C	
	Melasse	8,93 kcal/g C	

Die in Cambridge und Stuttgart durchgeführten Untersuchungen über die bei dem aeroben Abbau hochkonzentrierter organischer Stoffe entstehende Bildungswärme haben übereinstimmend nachgewiesen, daß mit dem Kohlen-